Surveillance environnementale des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec en 1983

RESIDUS DE FENITROTHION ET D'AMINOCARBE DANS L'EAU ET LE FEUILLAGE

Par: Renaud Dostie, tech. faune
Pierre-Martin Marotte, biol.
Guy Parent, tech. faune

GOUVERNEMENT DU QUEBEC
MINISTERE DE L'ENERGIE ET DES RESSOURCES
DIRECTION DE LA CONSERVATION

Service d'Entomologie
et de Pathologie

Dr Jean-Guy Davidson, ing.f.
Chef de Service

Division Environnement et
Sécurité

Gilles Gaboury, biol.
Responsable

Québec, le 28 septembre 1985

REMERCIEMENTS

L'établissement des stations et les récoltes d'échantillons lors du programme de pulvérisations ont été effectués du 2 mai au 3 juillet. Sept techniciens (nes) et deux étudiants (es) ont participé aux récoltes, et nous tenons à remercier Madeleine Bellemare, Sylvie Delisle, Denis Labrie, Pierre Petitclerc, Gilles Rioux, Sarah Ducharme et Jacques Dugal. Par une analyse statistique, Bruno Boulet a déterminé les corrélations entre les concentrations dans le feuillage et celles détectées au sol. Nous tenons à remercier également le personnel qui a procédé à l'analyse chimique des échantillons, soit Guy Mamarbachi, Michel Carmichael et Nicole Nadeau.

RESUME

En 1983, dans le cadre du programme de lutte contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana (Clem.)), le ministère de l'Energie et des Ressources a procédé à la récolte d'échantillons d'eau et de feuillage. En milieu lotique, une heure après l'application, des résidus maximums de 9,31 µg/l d'aminocarbe et de 5,94 µg/l de fénitrothion ont été détectés. En milieu lentique, les concentrations de fénitrothion et d'aminocarbe ont peu varié dans les deux mares échantillonnées durant des périodes respectives de six et 68 heures après l'application. Dans le feuillage de Sapin baumier, des résidus maximums de 14,1, de 13,6 et de 2,0 µg/g (poids sec) ont été détectés une à deux heures après l'application respectivement pour le fénitrothion, le Matacil 180F et 180D. Toutes ces valeurs (eau et feuillage) sont comparables à celles détectées de 1979 à 1982.

Une analyse d'association non-paramétrique a été effectuée entre le feuillage du Sapin baumier récolté en bordure des chemins forestiers et le dépôt enregistré au sol (aluminium et Kromekote MD). Des corrélations significatives ont été obtenues entre le feuillage et les feuilles d'aluminium pour le fénitrothion et le Matacil 180F.

Avant les opérations 1983, des prélèvements ont été effectués pour vérifier la persistance des résidus dans le feuillage traité antérieurement. Des concentrations de fénitrothion sont demeurées identiques à toutes les stations échantillonnées trois et cinq ans après une application expérimentale. L'étude tend à démontrer que les résidus de fénitrothion présents dans le

feuillage une année après l'application sont stables et peuvent persister durant plusieurs années.

À l'intérieur d'une superficie traitée annuellement au fénitrothion, une valeur exceptionnelle de 6,84 µg/g a été détectée dans un échantillon prélevé dans le tiers supérieur des arbres 8 mois après les pulvérisations. À l'intérieur des peuplements semenciers, de nouvelles valeurs maximales ont été atteintes, soit 0,149 et 0,481 µg/g d'aminocarbe dans du feuillage traité en 1982 et récolté 11 mois après l'arrosage.

TABLE DES MATIERES

Remerciements..... i

Résumé..... ii

Table des matières..... iv

Liste des tableaux..... vi

Liste des figures..... vii

1. - Introduction..... 1

2. - Programme de pulvérisations..... 2

3. - Matériel et méthode..... 5
   3.1 - Echantillonnage de l'eau..... 5
   3.2 - Echantillonnage du feuillage..... 7
   3.3 - Evaluation du dépôt..... 8
   3.4 - Méthodologie analytique..... 8

4. - Résultats et discussion..... 10

   4.1 - Résidus d'insecticides dans l'eau..... 10
      4.1.1 - Milieu lotique..... 10
      4.1.2 - Milieu lentique..... 11
      4.1.3 - Surveillance des secteurs sensibles..... 12
   4.2 - Résidus maximums dans le feuillage..... 17

4.3 - Etude de la persistance dans le feuillage du Sapin baumier.... 23
4.3.1 - Suite à une pulvérisation expérimentale de 1 400 g IA/ha de fénitrothion en 1978..... 23
4.3.2 - A l'intérieur d'une parcelle traitée pendant plusieurs années..... 27
4.3.3 - A l'intérieur des peuplements semenciers..... 31

Bibliographie..... 35

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Préparations d'insecticides chimiques utilisées lors du programme de pulvérisations en 1983..... 4

Tableau 2: Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe détectés dans des échantillons d'eau récoltés de 1979 à 1983 dans des milieux lotiques à l'intérieur des parcelles traitées..... 14

Tableau 3: Variation temporelle des résidus de fénitrothion et d'aminocarbe (Matacil 180F), dans l'eau de mares exposées à la pulvérisation en 1983 et évaluation du dépôt au sol..... 15

Tableau 4: Concentrations d'insecticides détectées dans les échantillons d'eau récoltés à l'extérieur des aires traitées en 1983 et évaluation du dépôt..... 16

Tableau 5: Concentrations d'insecticides détectées en 1983 dans les échantillons de feuillage de Sapin baumier et d'aluminium récoltés à l'intérieur des blocs traités et évaluation du dépôt aux stations..... 21

Tableau 6: Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe détectés dans le feuillage de Sapin baumier récolté de 1979 à 1983 à l'intérieur des parcelles traitées..... 22

Tableau 7: Concentrations de fénitrothion détectées en 1981 et en 1983 dans le feuillage exposé à une pulvérisation de 1 400 g IA/ha en 1978..... 26

Tableau 8: Historique des traitements et concentrations de fénitrothion détectées dans le feuillage de Sapin baumier en 1983..... 30

Tableau 9: Concentrations pré-applications détectées dans le feuillage de Sapin baumier récoltés à l'intérieur des peuplements semenciers en 1983..... 33

Tableau 10: Historique des traitements effectués à l'intérieur des peuplements semenciers surveillés en 1983..... 34

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Superficies traitées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette Choristoneura fumiferana (Clem.), au Québec en 1983..... 3

1 - INTRODUCTION

Au printemps 1983, le ministère de l'Energie et des Ressources a entrepris son quatorzième programme de pulvérisations d'insecticides pour réduire les dommages causés par la tordeuse des bourgeons de l'épinette (Choristoneura fumiferana).

Lors de cette opération, la Division environnement et sécurité du ministère de l'Energie et des Ressources a réalisé un programme de surveillance des pulvérisations. Son but était de quantifier la contamination de l'eau et du feuillage suite aux applications d'insecticides chimiques, puis de comparer les concentrations détectées avec celles observées les années antérieures. Des échantillons d'eau et de feuillage de Sapin baumier ont été récoltés à l'intérieur et à l'extérieur des aires traitées. D'autres prélèvements ont été effectués afin de vérifier la persistance des résidus d'insecticides dans le feuillage du Sapin baumier.

Ce rapport présente l'échantillonnage réalisé et les concentrations d'insecticides détectées.

2 - PROGRAMME DE PULVERISATIONS

Les traitements ont couvert une superficie de 1 253 605 hectares localisés au Saguenay-Lac St-Jean (1%), dans la région de Québec (9%), le Bas St-Laurent-Gaspésie (84%) et la Côte-Nord (6%) (Figure 1).

Les insecticides chimiques ont été l'aminocarbe en solution (Matacil 180D^{MD}), l'aminocarbe en suspension (Matacil 180F ^{MD}) et le fénitrothion (Sumithion ^{MD}). Lors des pulvérisations aux quadrimoteurs, l'aminocarbe a été épandue à la dose de 52 g/ha, le fénitrothion à 210 g/ha, tous deux dans un volume final de 1,4 l/ha (tableau 1).

Le Matacil (180D et 180F) a été pulvérisé sur 82% de la superficie traitée alors que 14% du territoire a reçu un traitement au fénitrothion et 4% au Bacillus thuringiensis.

Les pulvérisations à l'aide de quadrimoteurs (DC-4G, DC-6 et L-749) ont couvert une superficie de 1 226 416 hectares, tandis que 27 189 ha ont été traités à l'aide d'avions monomoteurs (AgCat B).

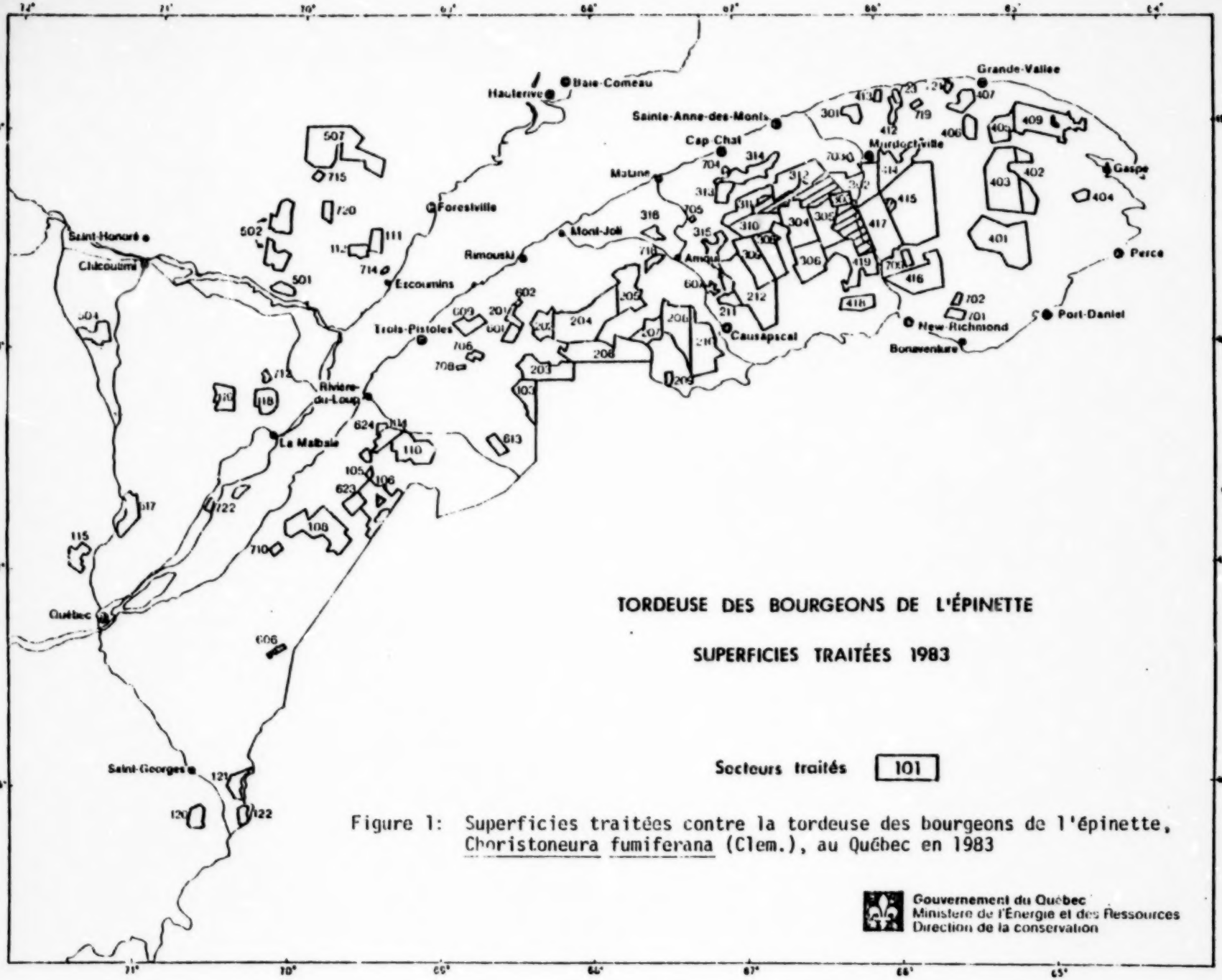

Figure 1: Superficies traitées contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, Choristoneura fumiferana (Clem.), au Québec en 1983

Tableau 1 : Préparations d'insecticides chimiques utilisées lors du programme de pulvérisations en 1983

Avion	Matière active (produit commercial)	Dosage (g/ha)*	Volume de la préparation ℓ/ha	Préparation V/V en %			
				Produit commercial	Cyclosol 63	Diluant**	Colorant
QUADRIMOTEURS							
	Fénitrothion	210	1,4	11,3	35	53,6	0,1 ou 1
	Aminocarbe (Matacil 180D MD)	52	1,4	20,8	--	78,2	0,1 ou 1
	Aminocarbe (Matacil 180F MD)	52	1,4	20,8	--	78,2	0,1 ou 1
MONOMOTEURS							
	Aminocarbe (Matacil 180D MD)	87,5	2,34	20,8	--	79,1	0,1

* ingrédient actif
** huile 585

3. MATERIEL ET METHODE

3.1 - Echantillonnage de l'eau

L'échantillonnage est réalisé avec une bouteille de verre d'une capacité d'un litre et de marque Sovirel MD. Elle est munie d'un bouchon de plastique résistant, à vis, dans lequel est introduit une rondelle en téflon. En laboratoire, une feuille d'aluminium est glissée entre le goulot et le bouchon.

Peu avant le prélèvement, les mains sont lavées avec un savon sans eau et essuyées avec un chiffon imbibé d'alcool. La date et le numéro de l'échantillon sont inscrits sur le ruban adhésif fixé à la bouteille. Le bouchon et la feuille d'aluminium sont retirés et un litre d'eau est récolté.

En milieu lotique, l'échantillon est prélevé au centre du cours d'eau. Pour les rivières larges, il faut s'éloigner le plus possible du rivage si cela est jugé accessible et sécuritaire. La bouteille est introduite dans l'eau en amont de l'échantillonneur et le goulot face au courant. Elle est enfoncée jusqu'à ce que l'eau de surface occupe en totalité l'ouverture du goulot. La bouteille est retirée de l'eau lorsqu'elle est remplie au volume requis.

En milieu lentique, l'échantillon de surface est récolté à bout de bras à partir du rivage. Le prélèvement est effectué le plus délicatement possible pour ne pas créer de turbulence. La bouteille est enfoncée lentement jusqu'à ce que l'ouverture du goulot soit partiellement introduite dans l'eau. En créant un lent mouvement circulaire avec le bras et en inclinant légèrement la bouteille, on récolte la fine pellicule de surface. Lorsque la bouteille est remplie au volume requis, elle est retirée de l'eau.

La récolte en profondeur est effectuée à l'aide d'un appareil de type Wheaton ^{MD}. L'appareil est d'abord nettoyé avec de l'alcool et un chiffon propre. La bouteille y est fixée, la feuille d'aluminium est retirée et la ventouse est accolée au bouchon. La bouteille est introduite dans l'eau jusqu'à une profondeur de 30 centimètres. L'instrument est incliné, le bouchon est dévissé lentement afin de laisser pénétrer l'eau dans la bouteille. A la surface de l'eau, on ne doit voir monter que de petites bulles. Lorsqu'elle est pleine, le bouchon est vissé, l'appareil est retiré délicatement et la bouteille est enlevée de l'appareil. La partie d'eau excédentaire au volume requis (1000 ml) est vidée au sol et une nouvelle feuille d'aluminium est glissée entre le goulot et le bouchon. La récolte en surface est toujours effectuée avant celle en profondeur.

Après chaque prélèvement, une nouvelle feuille d'aluminium est déposée entre le goulot et le bouchon. La bouteille est placée sur

la glace et à l'abri de la lumière.

Tel qu'établi lors de tests antérieurs (Mamarbachi et Marotte, 1982), un délai maximal de quatre jours a été respecté entre le prélèvement et l'extraction de l'insecticide. Durant cette période, l'échantillon est conservé au réfrigérateur et ne doit jamais être congelé.

3.2 Echantillonnage du feuillage

Un échantillon de feuillage de sapin baumier est composé d'une trentaine de bouts de branches d'environ 30 centimètres de longueur provenant de 10 à 15 arbres bien exposés à la pulvérisation. Les branches sont prélevées à hauteur d'homme au moyen d'un sécateur à main et recueillies dans un seau dont l'intérieur a été tapissé de papier d'aluminium. Au moyen de ciseaux, elles sont ensuite dépouillées de leurs aiguilles nouvelles, si les bourgeons sont éclos, et des aiguilles des deux années précédentes, soit 1981 et 1982. Avec les aiguilles on fait un homogénat qui est transféré dans un pot de verre de 250 ml, scellé au moyen d'une feuille d'aluminium et d'un couvercle. Ce pot est ensuite congelé jusqu'à l'analyse.

La méthode d'échantillonnage du feuillage à l'aide d'un sécateur à perche est la même, sauf que la cueillette des bouts de branches

s'effectue dans le tiers supérieur de l'arbre.

3.3 Evaluation du dépôt

La mesure du dépôt d'insecticide chimique s'effectue à l'aide de papiers Kromekote [MD] et de feuilles d'aluminium mis en place avant le début de la pulvérisation. Ils permettent de visualiser et de quantifier le dépôt d'insecticide. Ces papiers sont fixés sur une plaque d'aluminium qui maintient la surface exposée à plat durant toute la période de chute des gouttelettes. Trois plaques équidistantes de 20 m sont déposées en bordure de chaque station (feuillage et eau lentique). Elles sont récoltées dans un délai variant d'une à deux heures après la fin de l'application. Les feuilles d'aluminium sont regroupées par trois et placées dans un pot de verre de 250 ml. Ces échantillons sont immédiatement conservés au frais et congelés avant d'être expédiés au laboratoire. Les papiers Kromekote [MD] sont regroupés et insérés dans des enveloppes bien identifiées.

3.4 Méthodologie analytique

L'analyse des résidus de fénitrothion et d'aminocarbe a été effectuée au laboratoire des pesticides du ministère de l'Environnement du Québec. Les échantillons d'eau et de feuillage ont été analysés selon les méthodes décrites dans Morin et al,

(1983). La méthodologie pour analyser les feuilles d'aluminium est décrite dans Major et al, (1984). Les gouttelettes fixées sur les papiers Kromekote ^{MD} ont été dénombrées par le personnel de la Division des techniques de pulvérisations et aviation du ministère de l'Energie et Ressources. Pour chaque papier, une surface de quatre cm^2 a été déterminée au hasard et utilisée pour l'évaluation. Un Micro Card Reader a servi à déterminer le nombre de gouttes pour chaque classe de diamètre à un grossissement de 24X sur l'écran. L'appareil permet une lecture jusqu'à un diamètre apparent de 30 microns, ce qui constitue sa limite inférieure. Il n'y a aucune limite supérieure.

4. RESULTATS ET DISCUSSION

Les échantillons ont été récoltés suite à des traitements aux quadrimoteurs, sauf au point 4.3.3 où les pulvérisations ont été faites à l'aide de monomoteurs.

4.1 - Résidus d'insecticides dans l'eau

4.1.1 Milieu lotique

À l'intérieur des superficies traitées, 24 échantillons d'eau ont été prélevés à la surface de ruisseaux. Parmi ceux-ci, 20 échantillons ont été analysés pour le Matacil (180D et 180F) et quatre pour le fénitrothion. Aucun dispositif pour l'évaluation du dépôt n'a été placé à ces stations.

Les résidus d'aminocarbe et de fénitrothion ont varié respectivement de 0,074 à 9,31 µg/l et de 1,93 à 5,94 µg/l (Tableau 2). Tous ces échantillons ont été récoltés suite à un délai d'une à deux heures après la pulvérisation.

Les concentrations médianes sont de 1,28 et 4,73 µg/l respectivement pour l'aminocarbe et le fénitrothion. La médiane de l'aminocarbe en 1983 est semblable à celle détectée de 1980 à 1982. Le nombre d'échantillons récoltés

en 1983 est donc apparu suffisant pour caractériser le dépôt en milieu lotique. Cependant pour le fénitrothion, le faible échantillonnage pourrait expliquer la médiane plus élevée.

4.1.2 - Milieu lentique

Dans le but de vérifier les variations temporelles des concentrations d'insecticides, des échantillons d'eau ont été récoltés dans des mares à 30 centimètres de profondeur. Pour chacun des produits, soit le fénitrothion et le Matacil 180F, les mares devaient être échantillonnées selon la séquence suivante: pré, 1, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72, 120 et 168 heures après la pulvérisation. Seulement deux mares ont été suivies étant donné l'impossibilité d'en trouver plus à l'intérieur des superficies surveillées. De plus, le faible dépôt retracé sur les papiers Kromekote^{MD} nous a amené à raccourcir une séquence d'échantillonnage. Au total, 14 échantillons ont été récoltés dont cinq pour l'analyse de fénitrothion et neuf pour le Matacil 180F.

Une concentration de fénitrothion équivalente à la limite de détection (0,010 µg/l) a été retrouvée dans l'échantillon pré-arrosage (Tableau 3). Ces résidus proviendraient d'une pulvérisation effectuée à proximité de la mare le jour précédent. Six heures après la pulvérisa-

tion les résidus ont peu varié, soit de 6,26 à 8,04 µg/l.

Une heure après la pulvérisation à l'aminocarbe, une concentration de 6,49 µg/l a été détectée. Par la suite, entre 2 et 24 heures, les concentrations ont augmenté et peu varié soit de 15,2 à 18,6 µg/l. Les résidus ont diminué après 48 heures et sont de 9,54 µg/l 68 heures après l'application. À cette station, une concentration très élevée, équivalente à deux fois la dose émise, a été détectée sur les feuilles d'aluminium déposées au sol. Elle n'est pas représentative du dépôt moyen mais peut survenir à l'occasion, soit moins de 1% des échantillons tel que retrouvé par Marotte et al. (1984).

Dans les deux mares, les concentrations maximales ont été détectées après un délai de quatre heures.

4.1.3 - Surveillance des secteurs sensibles

À l'intérieur d'un rayon de cinq kilomètres des aires pulvérisées, six échantillons d'eau de surface ont été prélevés dans trois pisciculture et deux bassins d'approvisionnement en eau potable. De ce nombre, quatre ont été analysés pour le fénitrothion et deux pour l'aminocarbe. Les concentrations de fénitrothion ont varié de 0,010 à 0,175 µg/l (Tableau 4). Des résidus très

faibles de 0,028 et 0,021 µg/l d'aminocarbe ont été retrouvés dans un bassin d'approvisionnement et une pisciculture.

Tableau 2: Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe détectés dans des échantillons d'eau récoltés de 1979 à 1983 dans des milieux lotiques à l'intérieur des parcelles traitées.

Produit	Année	Nb Total d'écha.	Nb de N.D. (1)	CONCENTRATIONS µg/ℓ		
				$\bar{X}$ arith.	Min - Max	Médiane
FENITROTHION	79	7	0	20,52	0,018 - 127,0	1,18
	80	36	0	11,07	0,013 - 124,0	3,74
	81	20	0	4,04	0,011 - 14,2	2,53
	82	21	0	8,13	0,030 - 55,1	1,16
	83	4	0	4,33	1,93 - 5,94	4,73
AMINOCARBE	79	34	4	1,38	0,012 - 8,92	0,75
	80	6	0	2,40	0,057 - 6,95	1,13
	81	35	5	1,82	0,013 - 18,4	1,06
	82	52	3	1,57	0,016 - 6,46	1,14
	83	20	1	2,00	0,074 - 9,31	1,28

(1) N.D. non-détecté < 0,010 µg/ℓ

Tableau 3: Variation temporelle des résidus de fénitrothion et d'aminocarbe (Matacil 180F), dans l'eau de mares exposées à la pulvérisation en 1983 et évaluation du dépôt au sol.

DELAI (heures)	FENITROTHION		AMINOCARBE	
	EAU (µg/l)	FEUILLES D'ALUMINIUM (ng/cm^2)	EAU (µg/l)	FEUILLES D'ALUMINIUM (ng/cm^2)
PRE	0,010		N.D.*	
1:00	6,26	346,9	6,49	1101,1
2:00	6,59		16,6	
4:00	8,04		18,6	
6:00	6,68		—	
8:00			15,6	
18:00			15,8	
24:00			15,2	
48:00			13,2	
69:00			9,54	

* N.D. = < 0,010 µg/l

Tableau 4: Concentrations d'insecticides détectées dans les échantillons d'eau récoltés à l'extérieur des aires traitées en 1983 et évaluation du dépôt.

BLOC	DIST P/R BLOC (km)	LOCALISATION	PRODUIT	CONC. (ug/ℓ)	NOMBRE GOUTTES/cm²
104	5,0	Bassin d'al.*	Fén.	0,053	1,9
104	5,0	Bassin d'al.*	Mat. 180F	0,028	0,0
108	4,6	Bassin d'al.*	Fén.	0,175	---
103	4,9	Piscicul.	Fén.	0,010	0,0
104	3,8	Piscicul.	Fén.	0,063	6,0
207	3,7	Piscicul.	Mat. 180D	0,021	3,8

* Bassin d'alimentation: lac servant de réservoir.

4.2 - Résidus maximums dans le feuillage

Avant les opérations 1983, sept échantillons de feuillage ont été prélevés à l'intérieur de quatre blocs qui devaient être traités à l'aminocarbe en suspension en 1983 (Matacil 180F). Cette première récolte avait pour but d'évaluer les concentrations résiduelles et de les comparer avec celles de l'échantillonnage réalisé entre une et trois heures, après la pulvérisation, soit huit échantillons. Un seul échantillon de feuillage parmi les sept récoltés en période pré-opérationnelle contenait de l'aminocarbe et sa concentration (0,005 µg/g)* était équivalente à la limite de détection (Tableau 5).

Dans le cas des traitements effectués au fénitrothion et au Matacil 180D, respectivement 18 et 16 stations ont été échantillonnées. Les stations étaient localisées à l'intérieur de la superficie traitée et en bordure de la route pour que chacun des arbres aient une bonne exposition à la pulvérisation. Trois dispositifs composés d'une feuille d'aluminium et un papier Kromekote^{MD} ont été placés à chaque station de récolte. En plus de déterminer la

* Dans ce rapport, toutes les concentrations détectées dans le feuillage de Sapin baumier sont exprimées en µg/g (poids sec).

contamination du feuillage, nous avons vérifié la corrélation entre cette dernière et le dépôt au sol.

Les concentrations ont varié respectivement pour le fénitrothion, le Matacil 180F et 180D de 0,055 à 14,1, de 0,09 à 13,6 et de 0,035 à 2,0 µg/g. Les concentrations maximales détectées en 1983 sont inférieures à celles atteintes annuellement depuis 1980 (Tableau 6). Les valeurs médianes des deux insecticides sont comprises à l'intérieur de celles observées annuellement depuis 1979. Pour le fénitrothion, elles ont varié de 1,56 à 5,38 µg/g et pour le Matacil (180D et 180F) de 0,038 à 4,53 µg/g. Notons que cinq des huit concentrations détectées à des stations traitées au Matacil 180F étaient supérieures au maximum retrouvé suite aux opérations réalisées au Matacil 180D (16 échantillons).

Sur les feuilles d'aluminium comme sur le feuillage, le fénitrothion et le Matacil 180F ont démontré une étendue plus grande des concentrations que pour le Matacil 180D (Tableau 5). Les résidus ont varié de 4,1 à 995,5 ng/cm^2 pour le fénitrothion, de 2,6 à 844,6 ng/cm^2 pour le Matacil 180F et de 0,3 à 98,0 ng/cm^2 pour le Matacil 180D. Cette faible étendue du dernier produit a aussi été observée par Marotte et al, (1984). Cette dernière étude indique que 68% des échantillons (n=203) ont des concentrations comprises entre 0 et 98 ng/cm^2 comparativement à 35% (n=50) pour le Matacil 180F.

Une analyse par mesure d'association non-paramétrique (Tau de Kendall) a été effectuée pour vérifier la corrélation entre les concentrations détectées sur le feuillage du Sapin baumier et les feuilles d'aluminium (dépôt au sol). Des corrélations significatives ($P < 0,01$) de 0,822 ($n = 10$) et de 0,714 ($n = 8$) ont été calculées entre les deux substrats respectivement pour le fénitrothion et le Matacil 180F. Une corrélation non-significative de 0,383 ($n = 16$) a été obtenue avec les résultats de Matacil 180D. Le comportement différent de ces deux types d'aminocarbe observé en 1983 pourrait peut-être expliquer les différences au niveau des corrélations. Cette expérience répétée en 1984 devrait apporter plus d'informations.

À l'exception d'une station, traitée au Matacil 180F, la variation du nombre de gouttes/cm^2 est semblable pour les trois insecticides surveillés (Tableau 5). Des valeurs de 1,1 à 28,8, de 0,1 à 27,8 (exception = 77,7) et de 0,0 à 23,0 gouttes/cm^2 ont été observées respectivement pour le fénitrotnion, le Matacil 180F et le Matacil 180D. La même analyse statistique a été effectuée pour comparer les concentrations sur le feuillage et le dépôt en nombre de gouttes/cm^2 observé sur les papier Kromekote^{MD}. Aucune corrélation significative n'a été obtenu pour les insecticides

surveillés. D'après ces données, il semble évident que le nombre de gouttes seul ne peut être utilisé pour caractériser le dépôt au niveau du sol en terme d'évaluation de la contamination.

Tableau 5: Concentrations d'insecticides détectées en 1983 dans les échantillons de feuillage de Sapin baumier et d'aluminium récoltés à l'intérieur des blocs traités et évaluation du dépôt aux stations.

NO. STATION	INSECTICIDE	CONCENTRATIONS			NOMBRE DE GOUTTES/cm²
		FEUILLAGE (µg/g)		ALUMINIUM (ng/cm²)	
		PRE	POST		
103-A			3,35	143,3	3,8
104-D			3,50	754,1	14,2
104-F	F		14,1	799,4	9,2
106-B	E		2,79	---(1)	17,0
106-F	N		1,40	---(1)	6,0
106-G	I		1,07	---(1)	6,5
106-H	T		0,865	---(1)	10,2
106-J	R		2,28	---(1)	23,4
106-K	O		4,61	---(1)	10,1
106-L	T		28,1	---(1)	11,7
108-D	H		10,8	995,5	28,7
110-E	I		0,260	12,2	6,3
110-F	O		0,055	4,1	1,1
110-J	N		0,341	---(2)	1,8
110-H			0,265	4,5	7,2
110-K			1,72	256,4	11,8
110-M			1,47	73,9	2,9
110-P			5,29	482,7	28,8
104-D	M	N.D.(3)	13,6	844,6	77,7
110-K	A 1	---	2,02	55,8	8,4
110-P	T 8	0,005	2,68	113,1	12,4
121-B	A 0	N.D.	4,55	286,6	27,8
121-C	C F	N.D.	0,09	2,6	0,1
122-A	I	N.D.	2,30	196,1	18,8
122-C	L	N.D.	0,407	34,7	9,8
122-D		N.D.	1,68	256,4	20,4
103-G	M		1,10	64,9	6,7
202-B	A 1		1,93	75,4	10,3
205-A	T 8		1,12	73,9	4,3
205-A	A 0		0,985	28,7	18,3
207-B	C D		1,78	98,0	16,7
212-A	I		1,31	93,5	14,5
304-A	L		0,313	0,3	0,0
304-B			1,39	86,0	16,4
309-A			0,252	15,1	11,2
309-B			1,01	48,3	16,4
309-B			1,36	18,1	23,0
416-A			0,035	1,5	0,0
416-A			2,0	45,2	9,8
416-C			1,23	90,5	6,8
416-C			1,62	30,2	8,8
417-A			1,43	4,7	0,0

(1) : Pluie légère à la fin de la pulvérisation
(2) : perdu lors du transport
(3) : non détecté (<0,005 µg/g poids sec)

Tableau 6: Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe détectés dans le feuillage de Sapin baumier récolté de 1979 à 1983 à l'intérieur des parcelles traitées.

Produit	Année	Nb. Total d'écha.	Nb. de N.D. (1)	CONCENTRATIONS µg/g (poids sec)		
				$\bar{X}$ arith.	Min. - Max.	Médiane
FENITROTHION	79	7	0	2,87	0,546 - 7,97	2,47
	80	35	0	12,01	0,006 -111,0	5,38
	81	20	0	6,71	0,012 - 37,1	4,26
	82	30	0	6,24	0,020 - 45,7	1,56
	83	10	0	4,08	0,055 - 14,1	2,54
AMINOCARBE	79	36	1	1,04	0,005 - 5,5	0,38
	80	6	0	9,82	0,522 - 37,3	4,53
	81	35	3	2,42	0,005 - 26,2	1,10
	82	73	2	2,03	0,01 - 20,0	1,11
	83	18	0	1,92	0,035 - 13,6	1,38

(1) N.D. non détecté < 0,005 µg/g(poids sec)

4.3 - Etude de la persistance des insecticides dans le feuillage du Sapin baumier

4.3.1 - Suite à une pulvérisation expérimentale de 1 400 g IA/ha de fénitrothion, en 1978

Dans la région de St-Pascal de Kamouraska, une pulvérisation expérimentale de fénitrothion à une forte dose, soit 1 400 g/ha (6,5 fois la dose opérationnelle) a été effectuée afin d'évaluer les méthodes de surveillance des oiseaux forestiers. En 1981, un échantillonnage a été réalisé sur trois stations comprises à l'intérieur de ce secteur pour y vérifier la persistance des résidus. Les échantillons ont été récoltés à hauteur d'homme et le feuillage des années 1978, 1979 et 1980 a été séparé. En 1983, une deuxième récolte a été effectuée aux mêmes stations et le feuillage des années 1978, 1980 et 1982 a été différencié pour un total de neuf échantillons. Depuis 1978, aucune pulvérisation de fénitrothion n'a été effectuée à l'intérieur de cette parcelle expérimentale.

En 1978, l'année du traitement, Lehoux et al. (1982) ont rapporté des résidus de fénitrothion variant de 8,38 à 106,3 µg/g pour une moyenne de 48,12 µg/g dans le feuillage du Sapin baumier récolté en bordure de la route, une demi-heure après la pulvérisation. L'échantillonnage réalisé en 1981 a démontré la persistance de concentrations

de 1,97 à 6,65 µg/g dans le feuillage de l'année 1978, (Morin et al, 1983). Dans le feuillage 1979 et 1980, les résidus de fénitrothion étaient beaucoup plus faibles (Tableau 7).

En 1983, soit cinq ans après la pulvérisation, une deuxième récolte a été effectuée pour vérifier la persistance des résidus observés en 1981. A toutes les stations et pour les mêmes années de feuillage (1978 et 1980), les concentrations sont demeurées semblables, soit respectivement de 1,93 à 4,43 et de 0,059 à 0,163 µg/g (Tableau 7). Des résidus variant de 0,022 à 0,081 µg/g ont été détectés dans la portion de feuillage 1982. La dérive provenant de zones traitées à six kilomètres de ces stations en 1980 et 1982, peut être une hypothèse expliquant la présence de l'insecticide dans ces années de feuillage.

Les concentrations détectées 3 ans après l'application peuvent donc être présentes durant plusieurs années. Cette persistance du fénitrothion dans le feuillage du Sapin baumier a aussi été observée par Morin et al., (1984). Des concentrations de 1,35 et 3,53 µg/g ont été détectées, 11

mois après les traitements, à deux stations en 1981. Des concentrations identiques ont été observées en 1982 (post 2 ans) soit 0,953 et 3,49 µg/g.

Tableau 7: Concentrations de fénitrothion détectées en 1981 et en 1983 dans le feuillage exposé à une pulvérisation de 1 400 g/ha en 1978.

NO. STATION	ANNEE DU FEUILLAGE	CONCENTRATIONS DETECTEES µg/g (poids sec)	
		EN 1981	EN 1983
01	1978	6,65	4,43
02		1,99	1,93
03		1,97	2,49
01	1979	0,183	---
02		0,170	---
03		0,593	---
01	1980	0,164	0,109
02		0,052	0,059
03		0,138	0,163
01	1982	---	0,039
02		---	0,081
03		---	0,022

4.3.2 - À l'intérieur d'une parcelle traitée pendant plusieurs années

Le territoire échantillonné a été traité annuellement depuis 1980 avec au moins une application de fénitrothion au taux de 210 g/ha (Tableau 8). Une première récolte a été effectuée au mois de février 1983 pour vérifier la persistance de l'insecticide dans le feuillage de l'année 1980. Cet échantillonnage a été réalisé suite à une entente avec le Nouveau-Brunswick. Des homogénats ont été faits à partir des échantillons et analysés par différents laboratoires (Ayer et al, 1984). Au mois de mai, avant les opérations de 1983, les mêmes arbres ont de nouveau été échantillonnés et seule la portion du feuillage 1981 et 1982 a été sectionnée puis regroupée pour l'analyse. Cette deuxième récolte avait pour but de confirmer les résultats de la première. Ces deux prélèvements ont été faits à l'aide d'un sécateur à perche et les branches les plus exposées ont été sélectionnées.

Suite à la première récolte (février 1983), des concentrations de 0,404 et 6,84 µg/g ont été détectées dans deux échantillons de feuillage représentant l'année 1980 (Tableau 8). En mai 1983, respectivement à ces mêmes stations, des résidus de 0,520 et 2,50 µg/g ont été retracés dans les portions de feuillage regroupant les

années 1981 et 1982. À l'exception de la concentration de 6,84 µg/g, des concentrations similaires ont déjà été relevées à deux reprises par Morin et al., (1983) dans du feuillage ayant reçu deux applications de fénitrothion (210 g/ha) l'année précédente.

Les concentrations qui persistent au-delà d'une année semblent dépendantes des quantités déposées. Ainsi les résultats provenant du traitement expérimental (section 4.3.1, ci-haut) indique que possiblement 6% d'une concentration initiale de (106,3 µg/g) a persisté dans les aiguilles durant au moins trois ans. D'autre part, Symons (1977) et Morin et al. (1984) ont mis en évidence que de 1 à 10% des résidus initiaux de fénitrothion pourrait persister durant au moins une année dans le feuillage de Sapin baumier.

D'après ces données, il apparaît donc que la persistance de fortes concentrations de fénitrothion (entre 2 et 6 µg/g) observées à quelques occasions, 12 mois après les pulvérisations, pourrait être attribuable à des résidus initiaux allant jusqu'à 100 µg/g. Les causes permettant d'expliquer de tels résidus sont toutefois difficiles à

cerner. Des facteurs atmosphériques et/ou topographiques ont pu contribuer à concentrer l'insecticide sur une surface plus étroite. Par contre, la possibilité d'un mauvais fonctionnement du système de pulvérisation ne peut-être écarté. Quelque soit les circonstances, des concentrations initiales dépassant 50 µg/g n'ont été que très rarement observées au cours des programmes de surveillance au Québec. Ainsi de 1979 à 1983, 110 échantillons de feuillage de Sapin baumier ont été récoltés après les pulvérisations de fénitrothion et seulement deux contenaient des niveaux supérieurs à cette valeur.

Tableau 8: Historique des traitements et concentrations de fénitrothion détectées dans le feuillage de Sapin baumier en 1983.

NO. STATION	HISTORIQUE DES TRAITEMENTS				CONCENTRATIONS (µg/g)** ANNEE DU FEUILLAGE	
	1979	1980	1981	1982	1980	1981-1982
A	F-M-M*	F-F	M-F	F-M	0,404	0,520
B	F-M-M	F-F	M-F	F-M	6,84	2,50

*F : fénitrothion à 210g/ha
M : Matacil 180D MD à 52 g/ha
** : µg/g (poids sec)

4.3.3 - À l'intérieur des peuplements semenciers

Depuis quelques années, des peuplements semenciers sont traités au Matacil 180D, au taux de 87,5 g IA/ha et dilué dans un volume total de 2,34 l/ha. Les pulvérisations sont effectués avec un avion monomoteur de type Piper Super Cub. Le programme pré-opérationnel prévoyait la récolte de quatre échantillons de feuillage de Sapin baumier dans chacun des trois peuplements surveillés, à raison de deux stations par peuplement. À la première station, le feuillage des années 1980, 1981 et 1982 était séparé alors qu'à la deuxième, l'échantillon était composé des années 1981 et 1982.

Les peuplements de Linière, Ouimet, Carleton et Daaquam ont été échantillonnés pour un total de 12 prélèvements de Sapin baumier.

Les concentrations détectées dans le feuillage des 12 échantillons récoltés avant les traitements 1983, ont varié de 0,011 à 0,481 µg/g d'aminocarbe (Tableau 9). Ces territoires ont tous été traités en 1982 selon le même régime. Toutefois, les peuplements de Daaquam et de Linière ont reçu annuellement de l'aminocarbe depuis 1978

(Tableau 10). C'est à ce dernier endroit que les concentrations les plus fortes (0,149 et 0,481 µg/g) ont été retrouvées.

À l'exception de ces deux maximums, les autres valeurs sont du même ordre que celles observées une année après les pulvérisations opérationnelles aux quadrimoteurs, soit de N.D.* à 0,090 µg/g (Morin et al., 1983; Morin et al., 1984).

* N.D. <0,005 µg/g (poids sec)

Tableau 9: Concentrations pré-applications détectées dans le feuillage de Sapin baumier récolté à l'intérieur des peuplements semenciers en 1983.

PEUPLEMENT SEMENCIER	NO. STATION	ANNEE DU FEUILLAGE	CONCENTRATIONS µg/g (poids sec)
Linière	A*	80	0,149
		81	0,063
		82	0,481
	B*	81 - 82	0,061
Ouimet	A*	80	0,012
		81	0,011
		82	0,079
	B*	81 - 82	0,011
Carleton	A**	80	0,023
		81	0,025
		82	0,013
Daaquam	A*	81 - 82	0,074

* : au sécateur à perche (hauteur: 1/3 supérieur de l'arbre)

** : au sécateur manuel (hauteur d'homme)

Tableau 10 : Historique des traitements effectués à l'intérieur des peuplements semenciers surveillés en 1983.

NOM DU PEUPLEMENT	1982	1981	1980	1979	1978
Linière	AMI-*	AMI-	AMI-	AMI-	AMI-
Ouimet	AMI-	---	---	---	---
Carleton	AMI-	AMI-	---	---	---
Daaquam	AMI-	AMI-	AMI-	AMI-	AMI-

* AMI : Aminocarbe (Matacil 180 D) au dosage de 87,5 g/ha de 1980 à 1982
au dosage de 104 g/ha en 1978 et 1979

BIBLIOGRAPHIE

Ayer, W.C., G.L. Brun, D.C. Eidt, W. Ernst, V.N. Mallet, R.A. Matherson, and P.J. Silk. Persistance of aerially applied fénitrothion in water, soil, sediment, and balsam fir foliage. Gouvernement du Canada, Service canadien des Forêts, Report M-X-153, 14 pp.

Lehoux, D., R. Ouellet et P. Laporte 1982. Etude comparative des différentes méthodes de surveillance des oiseaux forestiers suite à des épandages expérimentaux d'insecticides. Service Canadien de la Faune et Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche, Québec 1982, 108 pp.

Major, L., G. Rousseau et G. Mamarbachi 1984. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette: au Québec en 1984: Résidus d'insecticides chimiques dans l'air de certaines agglomérations urbaines de la région 01. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Energie et des Ressources, Service d'Entomologie et de Pathologie, 20 pp.

Mamarbachi, G. et P.M. Marotte 1982. Etude de la dégradation de l'aminocarbe et du fénitrothion dans des échantillons d'eau conservés dans des glacières. Gouvernement du Québec, Service d'Entomologie et de Pathologie, 8 pp.

Marotte, P.M., R. Dostie, S. Delisle, G. Parent et G. Rousseau 1984. Evaluation qualitative et quantitative des dépôts d'insecticides. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Energie et des Ressources, Service d'Entomologie et de Pathologie, 52 pp.

Morin, R., G. Gaboury, G. Mamarbachi et R. Dostie 1983. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette au Québec en 1981: Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe dans l'environnement. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Energie et des Ressources, Service d'Entomologie et de Pathologie, 70 pp.

Morin, R., G. Gaboury et R. Dostie 1984. Surveillance des pulvérisations aériennes d'insecticides contre la tordeuse des bourgeons de l'épinette, au Québec en 1982: Résidus de fénitrothion et d'aminocarbe dans l'environnement. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Energie et des Ressources, Service d'Entomologie et de Pathologie 62 pp.

Symons, P.E.K. 1977. Dispersal and toxicology of the Insecticide Fenitrothion: Predicting Hazards of Forest Spraying. Residue Review, vol. 68, 1977, pp. 1-36.